

## **Diagnóstico em tempo real do estado nutricional de nitrogênio de cultura do alho livre de vírus**

Maick Hemsing <sup>(1)</sup>\*, Antonio Carlos Machado da Rosa <sup>(2)</sup>, Leandro Hahn <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Acadêmico do curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

<sup>(2)</sup> Professor Assistente, Departamento de Zootecnia e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

<sup>(3)</sup> Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Estação Experimental de Caçador, Rua Abílio Franco, 1500, Caixa Postal 591, CEP 89500-000, Caçador, SC, Brasil.

\* Autor correspondente – [maick.he@gmail.com](mailto:maick.he@gmail.com)

### **Resumo**

Na cultura do alho, o manejo adequado do nitrogênio (N) é determinante para obtenção de altos rendimentos de bulbos. No entanto, este manejo pode ser auxiliado com o uso de um diagnóstico nutricional mais preciso. O objetivo desse trabalho foi avaliar o uso de tecnologias para avaliação em tempo real do estado nutricional de nitrogênio em plantas de alho livre de vírus submetidos a doses de N. O experimento foi conduzido em uma lavoura comercial em Fraiburgo-SC, em que testou-se num esquema fatorial 4x4x4, doses crescentes de N (0, 65, 130 e 195 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas no plantio, primeira cobertura (35 dias após o plantio) e segunda cobertura (após a diferenciação das plantas em bulbilhos), totalizando 64 tratamentos e três repetições. Como ferramentas de diagnóstico do estado nutricional de N nas plantas avaliou-se o uso do clorofilômetro e os teores de nitrato na solução do solo e no suco celular. Verificou-se que o aumento das doses de nitrogênio no plantio, na primeira e segunda cobertura, aumentou os teores relativos de clorofila da folha, assim como, os teores de nitrato no suco celular e na solução do solo. Conclui que o uso de ferramentas para diagnóstico do estado nutricional de N das plantas em tempo real, seja eles medidores de íons nitrato do suco celular ou da solução do solo,

ou o uso do clorofilômetro, apresentam um grande potencial no monitoramento do estado nutricional de plantas de alho.

**Palavras-chave:** *Allium sativum*, medidores de íons específicos, clorofilômetro, íon nitrato.

**Abstract:**

The suitable management of nitrogen for the garlic crop is determinant to get high yields of bulbs. However this management can be aided with the use of a nutritional diagnostic more accurately. The work objective was to evaluate the use of evaluation technologies at real time of the nutritional status of nitrogen of garlic plants free of virus submitted to nitrogen doses. The experiment was conducted on a commercial crop at Fraiburgo-SC, where was tested on a factorial scheme 4x4x4 increasing doses of nitrogen (0, 65, 130 and 195 kg ha<sup>-1</sup>). These doses were applied in three steps: planting, first covering (applied at 35 days after the planting) and the second covering (after the differentiation of plants to bulbils), totalizing 64 treatments with three replications. As diagnostic tools of the nutritional state of N was evaluated the use of chlorophyll meter and the nitrate levels in the soil solution and in the petiole sap. It was verified that the increase of the nitrogen doses in the first and second coverings increased the relative chlorophyll content of the leaf, as well as the nitrate levels in the petiole sap and in the soil solution. The use of tools to diagnose the nutritional status of N in plants in real time, whether nitrate ion meters of petiole sap or soil solution, or the use of chlorophyll, has great potential in monitoring the nutritional status of garlic plants.

**Key words:** *Allium sativum*, specific ion measurement, chlorophyll meter, nitrate ion

## Introdução

O Brasil ainda é um país quem não tem autossuficiência para suprir a demanda de consumo de alho (*Allium sativum* L.). O consumo *per capita* no país tem aumentado significativamente, passando de 0,4 kg/habitante/ano na década de 1980 para 1,26 quilos em 2010 (IBGE, 2011). Hoje, segundo ANAPA (2016), o consumo *per capita* do brasileiro gira está aproximadamente 1,5 kg/habitante/ano. O aumento está ligado a ‘gourmetização’ da comida brasileira, e o poder de compra associado com o interesse no tempero.

A produção brasileira de alho cresceu cerca de 20% na safra de 2014/2015 (ANAPA, 2014), atingindo 117.272 toneladas (t) das 300.000 t necessárias para o abastecimento nacional - em 10.791 ha de área produzida - levando o país a 11ª colocação no ranking mundial de produção (SIDRA-IBGE). Esse déficit é suplementado com a importação da China (40%) e da Argentina (20%).

Santa Catarina, por sua vez, ocupa a 3ª colocação no ranking com a produção de 19.129 t, atrás apenas de Goiás e Minas Gerais. Já a produtividade ( $9,419 \text{ t ha}^{-1}$ ) do estado, encontra-se um pouco abaixo, quando comparado a Goiás ( $15,002 \text{ t ha}^{-1}$ ), Minas Gerais ( $13,419 \text{ t ha}^{-1}$ ) Espírito Santo ( $11,058 \text{ t ha}^{-1}$ ), Bahia ( $10,531 \text{ t ha}^{-1}$ ) e Distrito Federal ( $10,418 \text{ t ha}^{-1}$ ). Segundo CONAB (2014) em área plantada o estado compreende 2.031 ha. Essa produção está concentrada na região do Meio-oeste, nos municípios de Curitibanos, Frei Rogério, Fraiburgo e Caçador (IBGE, 2014; EPAGRI, 2002).

O alho é rico nutricionalmente, pois carrega em seus bulbilhos vitaminas do complexo “A, B e C” além de minerais como Fe, Si e I, assim como, aminoácidos, adenosina e enzimas. Enzimas essas que são responsáveis pela solubilização da alicina, expondo um óleo volátil rico em enxofre resultando no cheiro característico da hortaliça. O alho ainda tem potencial fitoterápico e é muito usado na agricultura alternativa, pois atua na inibição da atividade de bactérias e fungos patogênicos em animais e vegetais, (YOSHIDA et al., 1987; BIANCHI et al., 1997).

Os últimos anos foram um período crítico para a produção de alho, não só em Santa Catarina, mas em todo o país. Isso ocorreu devido aos fenômenos climáticos adversos e ao alto volume de importação que, consorciado com a desvalorização da moeda Argentina, proporcionou uma queda no preço final do produto favorecendo a procura do produto no país vizinho. O cenário brasileiro da produção de alho, também sofreu algumas consequências, devido aos altos custos de produção, baixos índices de produtividade, muitas vezes relacionado com a infestação de complexos viróticos e a dificuldade de mão de obra, o que resultou no afastamento dos pequenos produtores no ramo desta produção.

Historicamente, a cultura vem sofrendo com uma pressão viral, transmitida por insetos hospedeiros como: ácaros, trips e pulgões. Os principais complexos viróticos que são transmitidos por esses vetores são: *onion yellow dwarf virus* (OYDV-G), *leek yellow stripe virus* (LYSV) e *garlic common latent virus* (GCLV). Essas viroses são responsáveis

por uma queda de cerca de 10 a 15% de produtividade (DANIELS, 1999). Uma das técnicas mais utilizadas para limpeza de vírus em sementes de alho é a cultura de meristemas associada ao tratamento térmico. A utilização de sementes livres de vírus surgiu recentemente na cadeia produtiva de alho no Brasil, como uma das mais importantes alternativas para melhorar a produtividade das lavouras.

A produção do alho livre de vírus proporciona ao produtor um incremento de produtividade de aproximadamente de 30 a 50% e, se bem manejado, o material de propagação se mantém por até quatro safras (MUELLER et al., 2005). A limpeza do complexo viral começa por um processo de desinfecção, onde os bulbilhos ainda contaminados passam por um processo de termoterapia, em uma estufa a 38 °C por trinta dias, a fim de paralisar a multiplicação viral. Após esse período, células meristemáticas não diferenciadas são isoladas dos bulbilhos, uma vez que essas células não possuem vasos de translocação e ainda não entraram em contato com o vírus. Depois de isoladas, essas células são cultivadas *in vitro* por cerca de 90 dias, e induzidas com diferentes hormônios de crescimento, para a formação de parte aérea (30 primeiros dias) e posteriormente os bulbilhos. Após esse processo, os bulbilhos são multiplicados por uma safra em cultivo protegido e na safra seguinte começa a multiplicação em larga escala a campo (EPAGRI, 2015).

As cultivares de alho ‘Caçador’, ‘Contestado’, ‘Chonan’, ‘Ito’ e ‘Quitéria’ multiplicadas e livres de vírus, apresentam um maior potencial de assimilação dos nutrientes, quando comparadas com as mesmas cultivares de multiplicação tradicional, por si só, as plantas livres de vírus, não possuem um gasto energético visando fornecer elementos base para a multiplicação das viroses em suas células, (MUELLER et al., 2005). Resende et al. (2000) verificaram que o aumento de produtividade está ligado diretamente à variedade livre de vírus, sendo assim, essas variedades respondiam a doses mais elevadas de N, quando comparada com as variedades não limpas, chegando a ser até duas vezes superiores ao recomendado para as cultivares convencionais.

O nitrogênio (N) é um dos elementos mais importantes para o desenvolvimento vegetal do alho, incrementando a área fotossintética da planta e consequentemente uma maior translocação de elementos fotoassimilados que são armazenados nos bulbos. O peso médio e diâmetro de bulbos estão diretamente correlacionados com as maiores doses de N segundo RESENDE et al. (2001) e GARCIA et al. (2004). A dinâmica da disponibilidade

do nitrogênio no solo depende de vários fatores, decomposição do material orgânico, pois com ele há uma ciclagem do nutriente, média das precipitações, onde o nitrogênio é facilmente lixiviado. Quando há pouca mobilização do solo, existe a tendência de menor disponibilidade de N pela redução da mineralização dos resíduos vegetais e aumento da imobilização pela biomassa microbiana (VARGAS & SCHOLLES, 1998).

Até então, as recomendações estabelecidas por CQFS-RS/SC (2004 e 2016), não contemplavam as recomendações de adubação para as variedades de alho livre de vírus, uma vez que as pesquisas de recomendação vieram a ser publicadas durante o desenvolvimento das cultivares.

A adubação nitrogenada em alho se torna necessário, uma vez que, o N é nutriente mais extraído pela planta. Segundo Resende et al. (1999) em média de 0,85 a 1,7 kg de N é extraído do solo para cada tonelada de alho produzido. Segundo Magalhaes (1986), devem-se estabelecer níveis adequados de fertilidade no solo, mantendo equilíbrio de todos os nutrientes, em especial o nitrogênio, pois o N é nutriente que mais contribui para o aumento da produtividade e da qualidade dos bulbos, é fator decisivo para o bom desempenho da cultura do alho (BIASI, 2006).

Segundo CQFS-RS/SC (2016), o alho pertence ao grupo de culturas muito exigentes em nutrientes, por isso, os valores das recomendações de N, fósforo (P) e potássio (K), sempre são mais elevadas, quando comparado à cultura de grãos. As recomendações para a distribuição das doses de N devem ser realizadas em três aplicações; 1/3 da dose no plantio dos bulbos, 1/3 entre 25-45 dias após o plantio e 1/3 aos 10 dias após a diferenciação visual (tamanho de um grão de arroz) dos bulbilhos. Essas doses variam conforme o teor de matéria orgânica do solo, podendo estar entre 255 e 350 kg N ha<sup>-1</sup>.

De acordo com FILGUEIRA (2013), o alho é extremamente sensível ao mais leve excesso no fornecimento de N; o excesso de N pode deixar a planta desequilibrada, facilitando a entrada de patógenos, assim como, ocorrer à indução do pseudoperfilhamento. O pseudoperfilhamento ou superbrotação é um processo de intumescimento na região entre o pseudocaule e o disco basal, pelo acúmulo de reservas na base das bainhas foliares, resultando na formação de um pseudobulbo. Fatores esses, estão diretamente ligados à superestimação da adubação nitrogenada, temperatura e altas precipitações, (VIEIRA,

2012). Esse processo acaba desvalorizando o produto, reduzindo a sua classe de comercialização.

Geralmente, todas as recomendações de adubações são feitas através dos resultados obtidos no relatório da análise de solo, a qual é uma ferramenta muito útil, porém sensível e sujeita a erros. Segundo MONTESINOS et al. (2002), de um resultado analítico, 80 a 85% do erro total são atribuídos à amostragem de campo e apenas 15 a 20% aos procedimentos de laboratório. Logo, as recomendações a partir de amostras de solo são insuficientes. Desta maneira, a porção vegetativa das plantas, em especial as folhas, são empregadas frequentemente para a avaliação do estado nutricional das plantas, pois são nessas folhas, onde ocorrem as principais atividades metabólicas da planta e, por isso, refletem melhor as variações na disponibilidade de nutrientes às plantas. A análise foliar permite, dentre outras finalidades, acompanhar, avaliar e ajustar os programas de fertilização agrícola (COELHO et al., 2002).

A partir destas dificuldades, surgiram alternativas como o uso de métodos de diagnóstico em tempo real usando a planta ou o solo como indicadores, permitindo uma avaliação rápida (FONTES, 2011; KURTZ, 2015). Estas ferramentas podem permitir a antecipação da diagnose do estado nutricional das plantas, possibilitando que ajustes no estado nutricional das lavouras sejam feitos de forma tempestiva à aplicação de fertilizantes, na própria safra em que o monitoramento foi realizado (KURIHARA, 2004; WADT & ALVAREZ, 2005).

As avaliações dos teores de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) na seiva, na solução do solo e clorofila na folha são testes rápidos, podem ser feitos no campo e permitem o monitoramento em tempo real do estado nutricional das plantas, possibilitando ao produtor a obtenção de informações, a fim de realizar a aplicação de doses adequadas na adubação durante o ciclo da cultura. Esta possibilidade é importante para a cultura do alho, pois como já descrito, a aplicação excessiva e desequilibrada de N favorece o aparecimento do superbrotamento.

A obtenção dos teores de  $\text{NO}_3^-$  da folha diagnose, usando a metodologia proposta por BIASI (2006) - onde se coleta a quarta folha (essa totalmente desenvolvida) a partir do ápice na época da diferenciação visual em bulbilho - poder ser quantificado com o auxílio de medidores portáteis de íons específicos. A obtenção de pequena quantidade de sulco

celular (a partir de 0,1 mL) da folha, do limbo ou do pecíolo é suficiente para a determinação dos teores desses nutrientes.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o uso de tecnologias para a avaliação em tempo real do estado nutricional de nitrogênio de plantas de alho livre de vírus submetidos a doses de N.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido em uma lavoura comercial de alho, no interior do município de Fraiburgo, Santa Catarina na safra de 2016. O solo do local é classificado como Nitossolo Bruno Distrófico (EMBRAPA SOLOS, 2004) foi amostrado na camada de 0-20 cm para realização da análise química (CQFS-RS/SC, 2004), que apresentou os seguintes resultados:  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 5,8$ ; M. O. = 3,1 %;  $\text{P}(\text{resina}) = 23 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{H} + \text{Al} = 2,66 \text{ cmolc dm}^{-3}$ ;  $\text{K} = 332 \text{ mg dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca} = 11,6 \text{ cmol dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg} = 2,4 \text{ cmol dm}^{-3}$ ;  $\text{CTC} = 17,51 \text{ cmol dm}^{-3}$ ;  $\text{V} = 84,80 \%$ . E o clima da região, de acordo com a escala de Köppen, é classificado como Cfb, ou seja, clima temperado propriamente dito, com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C (mesotérmico), verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C e sem estação seca definida.

Foram utilizados bulbilhos-semente livre de vírus provenientes de cultura de meristemas da cultivar ‘Chonan’. O plantio foi realizado manualmente em 01/06 de acordo com as recomendações para a cultivar, segundo indicação de EPAGRI (2002), na densidade de 45 bulbilhos-semente/m<sup>2</sup>. As parcelas foram preparadas com subsolagem, seguido de gradagem e levantamento dos canteiros com roto-encanteirador. O controle de pragas, doenças e plantas invasoras e tratos culturais da cultura do alho foram realizados de acordo com EPAGRI (2002).

No experimento foi utilizada irrigação por aspersão, sendo manejada por tensiometria, quando consumido 30% da água disponível do solo. Para isso, ao longo do experimento foram distribuídos aleatoriamente nas parcelas 10 tensiômetros de cápsula porosa e completos com água destilada no seu interior. Para quantificar o valor da tensão, periodicamente era feita a leitura desses tensiômetros com o auxílio de um tensímetro (Blumat Digital modelo A-6410) e determinado à pressão de tensão da água no solo. Com

esse valor, se determinava com base na curva de retenção de água do solo, a quantidade de lâmina d'água aplicar.

A disposição do experimento foi num tri-fatorial 4x4x4 (Figura 1), combinando três épocas de aplicação do N: plantio, primeira cobertura (35 dias após plantio - DAP) e segunda cobertura (após a diferenciação das plantas em bulbilhos), conforme recomendações de EPAGRI (2006). Em cada época de aplicação foram adotadas quatro doses de N (0, 65, 130, e 195 kg ha<sup>-1</sup>) conforme referência pessoal adotada em pesquisas da Epagri, na qual contemplam valores a baixo, médios e superiores a dose recomendada por CQFS-RS/SC (2016), totalizando 64 tratamentos. A fonte de N foi ureia (45% de N). As parcelas foram dispostas nos canteiros e constituídas por três linhas de plantio de 5 m de comprimento. Foi utilizado o arranjo em fileiras duplas, sendo o espaçamento entre as linhas simples de 12 cm, entre fileiras duplas de 38 cm, entre plantas 10 cm e entre as linhas externas de canteiros adjacentes de 45 cm. A área útil foi composta pelas seis fileiras, desconsiderando-se 1 m das extremidades de cada fileira. O delineamento experimental foi de blocos completos ao acaso, com três repetições.

Como o uso das tecnologias para o diagnóstico do estado nutricional de nitrogênio, foi possível avaliar os teores de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) da solução do solo e do suco celular e os teores relativos de clorofila. Duas coletas da solução do solo foram realizadas: a primeira obtida na fase de diferenciação das plantas (125 DAP), quando também foi realizada a aplicação da 2ª adubação de N em cobertura, e a segunda coleta 14 dias após esta adubação (139 DAP). Para obtenção das amostras, foi instalado um extrator de cápsula porosa no centro da área útil de cada parcela, na profundidade de 20 cm, medido a partir da metade da altura da cápsula porosa. Com o auxílio de uma bomba manual de vácuo, aplicou-se uma pressão de sucção de aproximadamente 600 mmHg no interior do tubo. Após 24h, as soluções extraídas por meio dos extratores de cápsula porosa foram recolhidas, armazenadas em caixas de poliestireno expandido e mantidas com gelo, até sua leitura. A partir da solução obtida pelos extratores de cápsula porosa, foram determinados os teores de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> por meio de medidores de íons seletivos, modelo LaquaTwin B-743 (Horiba Ltd., Kyoto, Japan).

Amostras da solução do suco da folha e a medição do teor de relativo de clorofila foram realizadas na mesma ocasião da primeira e segunda coleta da solução do solo. Para isso, foram coletadas dez folhas diagnósticas (4ª folha mais jovem totalmente expandida)



das plantas, aleatoriamente em cada parcela, como indicado por Epagri (2006). Para obtenção da solução do suco celular, fragmentos de 1,5 cm da parte basal de cada uma das folhas foram prensados com o uso de um equipamento manual (espremedor de alho), até a coleta de uma alíquota superior a 0,1 mL disposto em tubo tipo 'Eppendorf' e armazenadas em caixas de poliestireno expandido e mantidas com gelo, até sua leitura. Os teores de  $\text{NO}_3^-$  foram quantificados por meio de medidor de íons seletivos, já descrito. A determinação dos teores relativos de clorofila foi realizada na parte central das dez folhas coletadas para a quantificação de  $\text{NO}_3^-$ , utilizando-se clorofilômetro, modelo ClorofiLOG CFL1030 (FALKER).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com significância ( $P < 0,05$ ) e foi realizado o teste de médias (Tukey 5%) empregando o programa estatístico SISVAR<sup>®</sup> 5. 3.

## Resultados e Discussões

Os teores relativos de clorofila obtidos com o uso do clorofilômetro (Figura 2) e os teores de  $\text{NO}_3^-$  na solução do suco celular (Figura 3), ambos avaliados aos 125 DAP (período de diferenciação das plantas em bulbilhos), aumentaram com os aumentos das doses de N no plantio e, principalmente, com a primeira adubação em cobertura, apresentando interação significativa entre as duas adubações. Os teores de  $\text{NO}_3^-$  na solução do suco celular (Figura 3) aumentaram linearmente e chegaram a valores máximos quando realizada a adubação nitrogenada de 65 kg ha<sup>-1</sup> no plantio e 195 kg ha<sup>-1</sup> na primeira cobertura. Por outro lado, os teores relativos de clorofila se ajustaram ao modelo quadrático, obtendo-se um valor máximo de leitura (84,5) com a aplicação de 158,44 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio e 170,62 kg ha<sup>-1</sup> de N na primeira cobertura.

Na avaliação realizada aos 149 DAP, os teores relativos de clorofila apresentaram comportamento semelhante ao observado aos 125 DAP, com interação significativa entre a adubação nitrogenada realizada no plantio e a segunda cobertura (Figura 4), bem como interação significativa entre as duas adubações nitrogenadas em cobertura (Figura 5). Em ambas as situações ocorreram um aumento quadrático nos teores relativos de clorofila com o aumento das doses de N. Os teores de  $\text{NO}_3^-$  do suco celular nesta avaliação apresentaram efeito simples das duas adubações realizadas nas duas coberturas (Figura 6), com efeitos

no aumento dos teores de  $\text{NO}_3^-$  no suco celular maiores com a adubação nitrogenada realizada na primeira cobertura em comparação à realizada na segunda cobertura.

A relação entre adubação nitrogenada e os teores relativos de clorofila obtidos com o uso do clorofilômetro é bem descrito na literatura científica. A cor verde das plantas está diretamente associada com o teor de clorofila foliar, e este, altamente relacionado com o teor de N na maioria das plantas, uma vez que esse nutriente participa com quatro moléculas ' $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$ ' na sua composição química (TAIZ & ZEIGER, 2009). Segundo CHAPMAN & BARRETO (1997), essa relação entre o teor de clorofila e o  $\text{NO}_3^-$  no suco celular é dado principalmente ao fato, de que em média 60% do teor de N-total, das folhas constituem enzimas. Além de que, também estão associadas aos cloroplastos (STOCKING e ONGUN, 1962).

O teor relativo de clorofila é proporcional à quantidade de clorofila presente na folha. Estudos utilizando clorofilômetro têm demonstrado que o aparelho pode ser útil para avaliar o estado de N da planta, em diferentes espécies como beterraba (SEXTON & CARROLL, 2002), pimentão (MADEIRA et al., 2003), tomate (FONTES & RONCHI, 2002; FONTES & ARAÚJO, 2007), alface (FONTES et al., 1997; LEÓN et al., 2007) e batata (GIL, 2001; GIANQUINTO et al., 2003; WU et al., 2007).

BACKES et al., (2008) verificaram que o índice de coloração verde (ICV) na folha do alho medido através de leitores de clorofila, está relacionado diretamente à época de adubação. Os autores ressaltam que o ponto de máxima ICV foi observado somente após a aplicação da segunda metade da dose de N, ainda que a dose de N na primeira aplicação poderiam ter ocorrido em maiores quantidades. De modo semelhante, FERNANDES et al., (2010) apontam que a aplicação de doses crescentes de N em cobertura, elevou significativamente o índice relativo de clorofila, quando as folhas de alho foram amostradas nos estádios fenológicos de diferenciação (74 DAP) e 15 dias após (89 DAP). Em contrapartida a esses resultados, BÜLL et al., (2002) não verificaram aumento no teor de clorofila em função de doses crescentes de N, utilizando-se a cultivar Caçador, com bulbilhos sem a utilização da técnica de cultura de tecidos. Provavelmente, o uso de uma cultivar sem limpeza de vírus por estes autores, por sua menor eficiência do uso de N (RESENDE et al. 2000), não correspondeu no incremento dos teores relativos de clorofila.

Resultados similares da relação entre a adubação nitrogenada e os teores relativos de clorofila obtidos no presente estudo também foram obtidos por Lima (2005). O autor, utilizando a cultivar ‘Caçador’ avaliou a correlação entre índice relativo de clorofila e N-foliar a cada 10 dias durante o ciclo da cultura de 130 dias, obtendo uma maior correlação entre os fatores, aos 70 DAP.

O medidor portátil de  $\text{NO}_3^-$  foi utilizado com sucesso para análises de suco celular de muitas culturas agrícolas (KUBOTA et al. 1997; DELGADO e FOLLET, 1998; FOLEGATTI et al., 2005). Utilizando a cultivar de alho “Fuego INTA” em Mendonza, Argentina, GAVIOLA & LIPINSKI (2002) observaram que teores de  $\text{NO}_3^-$  obtidos pela leitura de MIE da solução do suco celular de folhas foram correlacionados com a aplicação de fertilizante nitrogenado e ajustou-se um modelo quadrático para o rendimento de bulbos. Os autores estabeleceram faixas de suficiência de nitrato para obtenção de máximo rendimento para as principais fases de desenvolvimento da cultura. Como não obtivemos ainda os dados de produtividade de bulbos no presente estudo, não consegue-se estabelecer teores críticos de  $\text{NO}_3^-$  no suco celular.

Os teores de  $\text{NO}_3^-$  da solução do solo, obtidos aos 125 DAP (Figura 7), apresentaram efeito da interação das adubações nitrogenadas realizadas no plantio e na primeira cobertura, obtendo-se um aumento quadrático nos teores com o aumento das doses de N aplicadas. Já na avaliação realizada aos 149 DAP (Figura 8), ocorreu interação entre as adubações de N realizadas na primeira e segunda cobertura e, novamente, verificou-se um aumento quadrático nos teores com o aumento das doses de N aplicadas. A técnica de utilização de extratores de cápsulas porosas, para extrair a solução do solo, é bastante difundida, principalmente por seu manejo fácil, custo relativamente baixo e pelo fato de o extrato obtido não requerer tratamentos prévios às determinações físico-químicas (MORAES & DYNIA, 1990).

O monitoramento da concentração de  $\text{NO}_3^-$  na solução do solo pode mostrar-se necessário aumentar a quantidade de N, em função do excesso de chuva ou de irrigação (lixiviação de nutrientes) ou aumento da demanda pelas plantas (absorção de N), ou diminuir a quantidade de nutrientes aplicada. Como já discutido anteriormente para o uso dos teores relativos de clorofila e de  $\text{NO}_3^-$  no suco celular, a necessidade dos dados de produtividade de bulbos impede o estabelecimento de teores críticos de  $\text{NO}_3^-$  na solução do solo.

Em estudos com concentrações de nitrato em solo fertirrigado, COELHO (2014) aponta que adubações com ureia resultou em maior taxa de crescimento da concentração do nitrato na solução do solo quando comparado ao nitrato de potássio na profundidade de 0,30 m. Porém, ambas as fontes expressaram um aumento relativo na concentração de nitrato. De acordo com MORENO et al. (2007) o aumento das taxas de nitrificação pode estar ligado diretamente às fontes de nitrogênio, em virtude da temporária elevação do pH, ocasionada pela ação da enzima urease que promove hidrólise dos fertilizantes nitrogenados a base de ureia e atua deixando-os disponíveis de forma mais rápida na forma de  $\text{NO}_3^-$  assimilável pela planta. De acordo com MAGALHÃES (1986), a adubação nitrogenada responde diretamente ao teor de matéria orgânica, assim como a textura e condições químicas e ambientais (clima e micro-organismos), que afetam a diretamente a dinâmica de transformação do N.

O teor relativo de clorofila e o teor de  $\text{NO}_3^-$  no suco celular (Figura 9) apresentaram um ajuste ao modelo da curva ( $R^2= 0,61$ ) indicando que houve uma relação exponencial entre os fatores. VILAS BÔAS (2003) afirma que quando definida a relação entre os teores de nitrato no suco celular e o índice relativo de clorofila, o uso do clorofilômetro pode ser uma ferramenta muito útil ao produtor, pois ele indiretamente pode determinar a variação dos teores de nitrato no suco celular, de forma não destrutiva, auxiliando na tomada de decisão do momento de aplicação da adubação nitrogenada. Em questão, pode apresentar o fato de haver um consumo de luxo de N pela planta, onde esse teor a mais de  $\text{NO}_3^-$  na folha pode não ser significativo para o incremento de clorofila na planta, da mesma forma que observado por BLACKMER e SCHEPERS (1995) em um trabalho com fertirrigação em milho, onde a partir de certo ponto, o aumento das doses de N, não influenciou a mais na quantidade de nitrogênio na planta.

Os teores de  $\text{NO}_3^-$  no solo, quando comparados com os teores relativo de clorofila (Figura 10), não apresentaram nenhuma relação ( $R^2=0$ ), bem como a relação com os teores de  $\text{NO}_3^-$  no suco celular (Figura 11) foi baixa ( $R^2=0,34$ ). Este resultado era previsível, haja vista que esses dois fatores não possuem nenhuma relação fisiológica entre si, pois a absorção de nitrato pode estar ligada diretamente à planta e não a disponibilidade do nutriente no solo, uma vez que a planta possa estar no seu máximo de absorção, e não consumir todo  $\text{NO}_3^-$  disponível no solo.

Aos resultados obtidos até o momento pela presente pesquisa, somam-se ainda os resultados dos teores de N total na folha diagnóstica e a produtividade de bulbos comerciais ao término da pesquisa. A partir deste conjunto de dados, vislumbra-se melhorar as atuais recomendações de N, tanto no plantio quanto em cobertura, para maximizar a produção e o rendimento econômico do alho, bem como definir o uso de tecnologias para a avaliação do estado nutricional mais adequada no diagnóstico em tempo real do estado nutricional de N na cultura do alho livre de vírus. Uma recomendação adequada de N em lavouras de alho poderá aumentar a produtividade e a rentabilidade, com a diminuição do impacto ambiental que o excesso de N causa nos ecossistemas, beneficiando significativamente toda a cadeia produtiva do alho e o ambiente como um todo.

Figura 1. Croqui do experimento trifatorial em blocos completos ao acaso composto por parcelas subsubdivididas, com quatro doses de plantio, primeira e segunda cobertura.

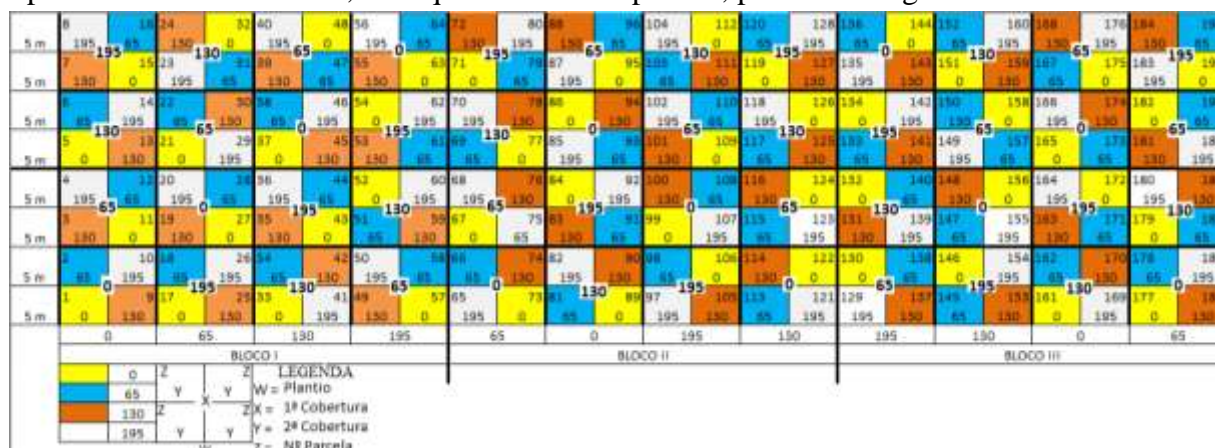


Figura 2. Teor relativo de clorofila aos 125 dias após o plantio de plantas de alho em função de doses de nitrogênio aplicadas no plantio e na primeira cobertura.

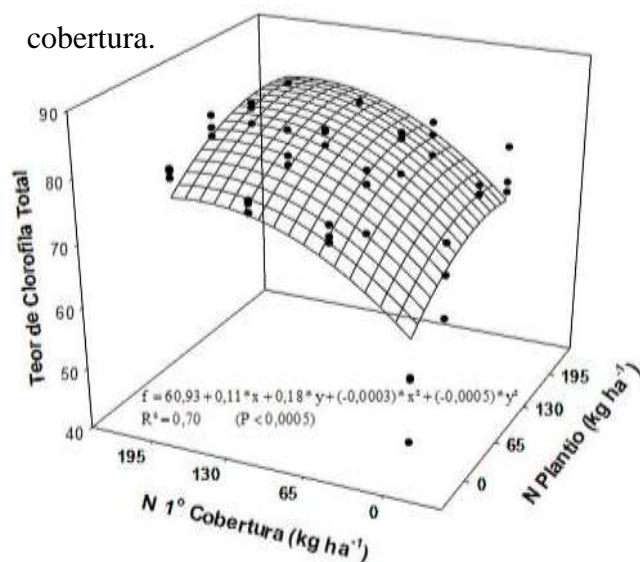


Figura 3. Teor de nitrato em folhas aos 125 dias após o plantio de alho em função de doses de nitrogênio aplicadas no plantio e na primeira cobertura.

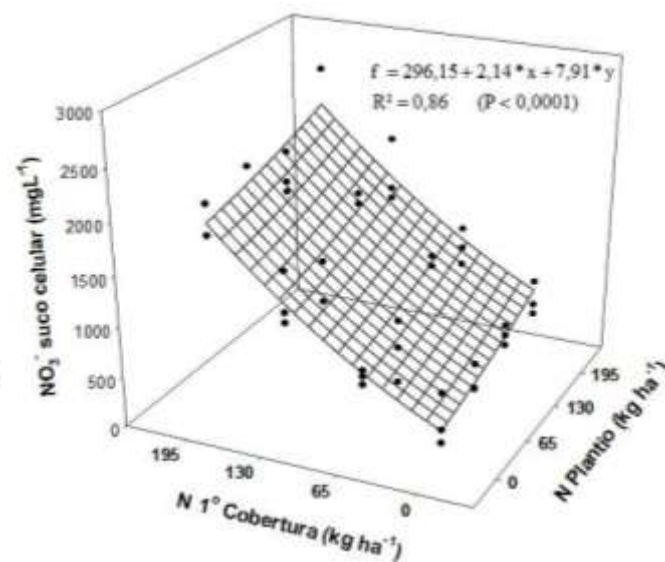


Figura 4. Teor relativo de clorofila aos 149 dias após o plantio de plantas de alho em função de doses de nitrogênio aplicadas no plantio e na segunda cobertura

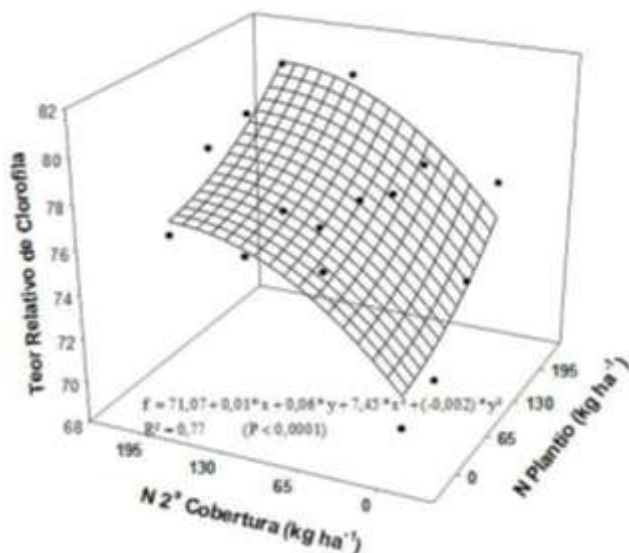


Figura 5. Teor relativo de clorofila aos 149 dias após o plantio de plantas de alho em função de doses de nitrogênio aplicadas na primeira e segunda cobertura.

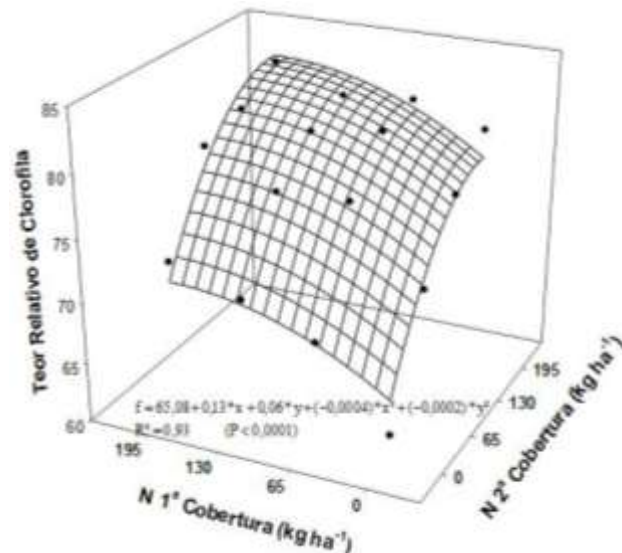


Figura 6. Teores de nitrato no suco celular aos 149 dias após o plantio de plantas de alho submetidas a doses de nitrogênio

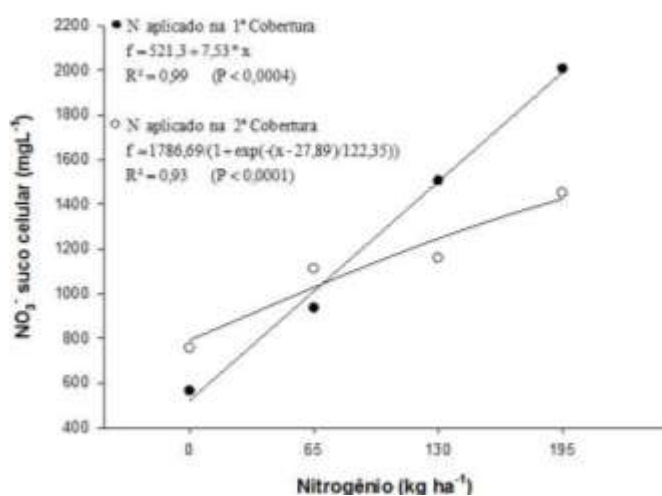


Figura 7. Teores de nitrato na solução do solo aos 125 dias após o plantio de plantas de alho submetidas a doses de nitrogênio

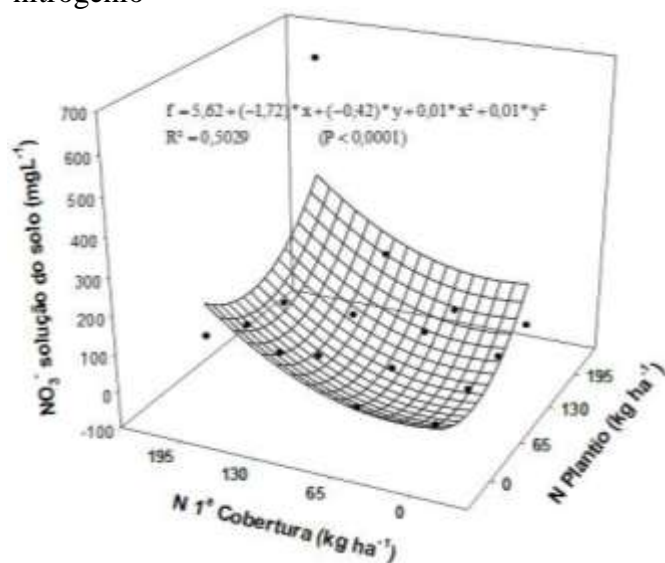


Figura 8. Teores de nitrato na solução do solo aos 149 dias após o plantio de plantas de alho submetidas a doses de nitrogênio.

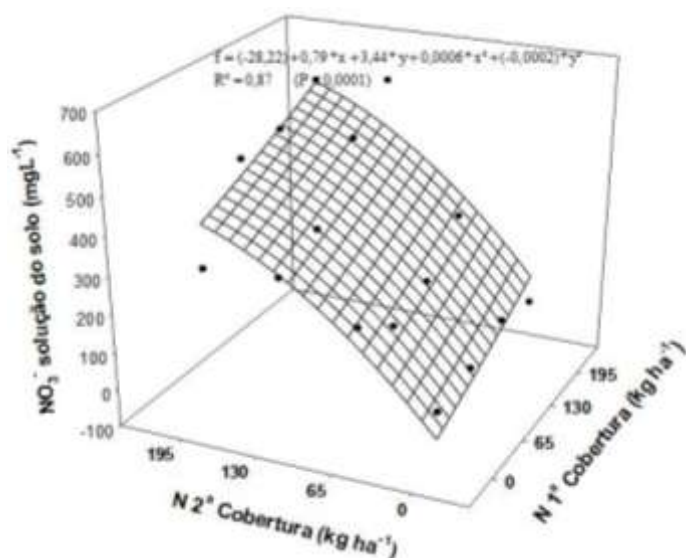


Figura 9. Relação entre o teor de nitrato no suco celular e teor relativo de clorofila aos 125 dias após o plantio de plantas de alho submetidas a doses de nitrogênio.

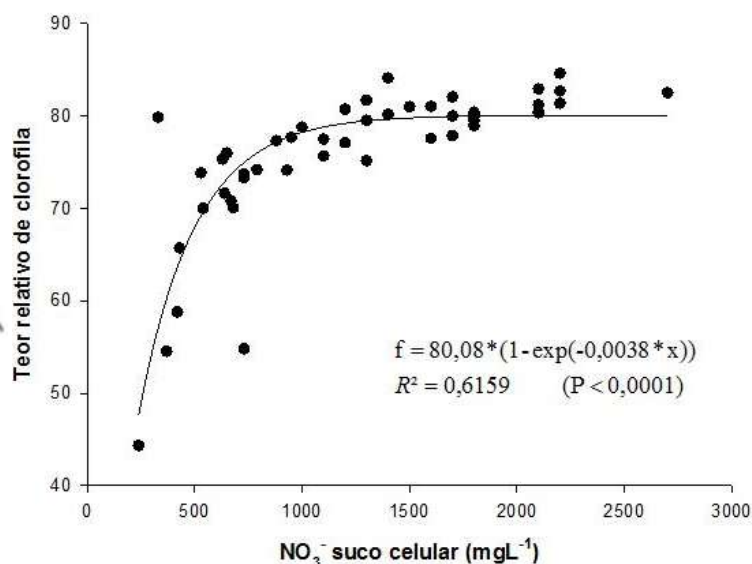


Figura 10. Relação dos teores de nitrato no solo e teor relativo de clorofila aos 125 dias após o plantio de plantas de alho submetidas a doses de nitrogênio.

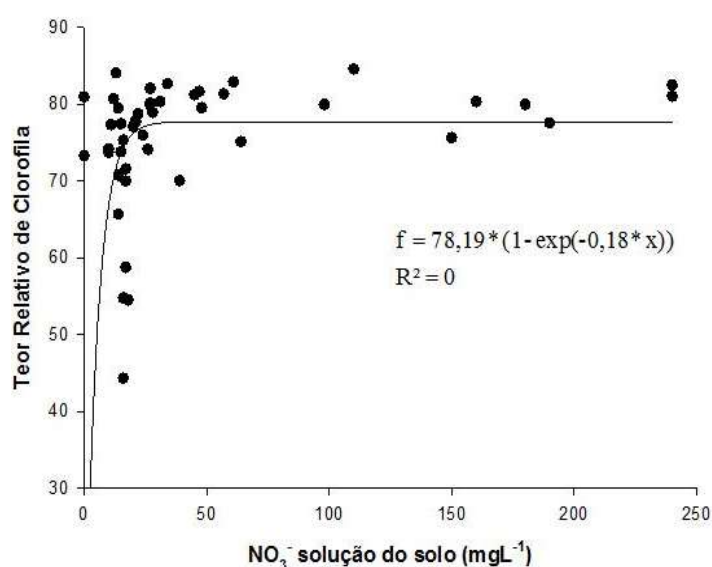
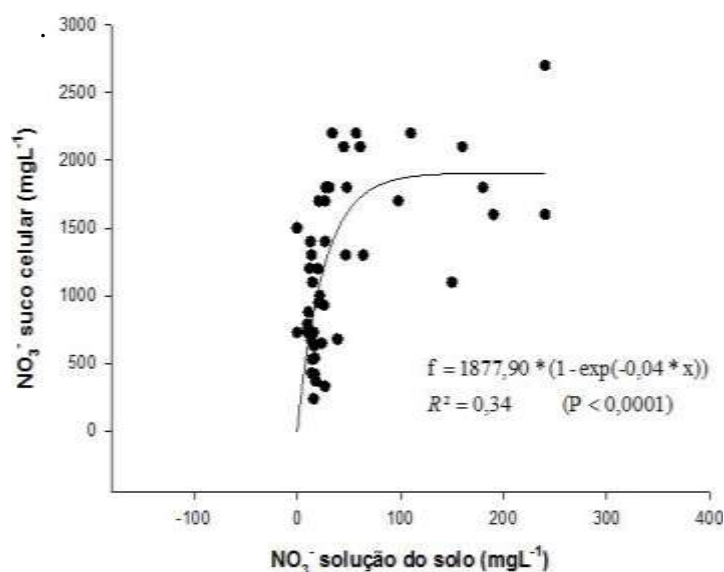


Figura 11. Teores de nitrato na solução do solo e no suco celular aos 125 dias após o plantio de plantas de alho submetidas a doses de nitrogênio.



## Conclusões

O aumento das doses de nitrogênio no plantio, na primeira e segunda cobertura, aumenta os teores relativos de clorofila da folha, assim como, os teores de nitrato no suco celular e na solução do solo.

Há um aumento dos teores relativos de clorofila da folha com o aumento dos teores de nitrato no suco celular.

O uso de ferramentas para diagnóstico do estado nutricional das plantas em tempo real, sejam medidores de íons nitrato do suco celular ou da solução do solo, ou o uso do clorofilômetro, apresenta um grande potencial no monitoramento do estado nutricional das plantas.

## Referências

ANAPA – Associação Nacional dos Produtores de Alho. Mercado e as importações de alho no Brasil. **Revista Nosso Alho**. n.20, p.31-33, 2014

ANAPA. Associação Nacional dos Produtores de Alho. **Revista Nosso Alho**. Setembro. 2016. 76p.

BACKES, C.; LIMA, C. P.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; IMAIZUMI, I. **Coloração verde nas folhas da cultura do alho vernalizado em resposta à adubação nitrogenada**. Bragantia. Instituto Agronômico de Campinas, v. 67, n. 2, p. 491-498, 2008.

BIANCHI, A. ; ZAMBONELLI, A. ; ZECHINI D'AULERIO, A. & BELLESIA, F. Ultrastructural studies of the effects of *Allium sativum* on phytopathogenic fungi in vitro. **Plant Disease**, v.81, p. 1241-1246. 1997.

BIASI, J. **Nutrição e indicação de adubação para a cultura do alho**. Florianópolis, SC: Epagri, 2006. 60p. (Epagri. Boletim Técnico, 132).

BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.8, p.56-60, 1995.



BÜLL, L. T; BERTANI, R. M. A; VILLAS BÔAS, R. L; FERNANDES, D. M. **Produção de bulbos e incidência de pseudoperfilhamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássicas e nitrogenadas.** *Bragantia* 61: 247-255. 2002.

CHAPMAN, S. C. e BARRETO, H. J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, 89:557-562, 1997.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C. Cultivo do milho: Diagnose foliar do estado nutricional da planta. **Comunicado Técnico** 45, 5 p., 2002.

COELHO, E. F.; COSTA, F. S.; SILVA, A. C. P.; CARVELHO, G. C.; Concentration of nitrate in the soil profile fertigated with different concentrations of nitrogen sources. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande , v. 18, n. 3, p. 263-269, mar. 2014 .

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_07\\_28\\_15\\_20\\_04\\_alhojunho2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_28_15_20_04_alhojunho2014.pdf)> Acesso em: 27/10/2016.

CQFS-RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** SBCS - Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.

CQFS-RS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

DANIELS, J. Ocorrência de vírus em alho no Rio Grande do Sul. **Fitopatologia Brasileira**: Brasília, DF, v.24, n.1, p.91. 1999.

DELGADO, J. A.; FOLLET, R. F. Sap test to determine nitrate-nitrogen concentrations in aboveground biomass of winter cover crops. **Communications in Soil Science Plant Analysis**. v.29, p.545-559, 1998.

EMBRAPA SOLOS. **Solos do Estado de Santa Catarina.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 46).

EPAGRI, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Sem vírus, mais vigor. **Revista Agropecuária Catarinense**, Vol. 28, nº 1, p.28-28. Jul. 2015.

EPAGRI. **Orientações técnicas para a produção de alho em Santa Catarina**. Florianópolis, 2002, 54p. (Sistemas de produção, 42).

FERNANDES, L. J. C; BÜLL, L. T; CORRÊA, J. C; PAVAN, M. A; IMAIZUMI, I. Resposta de plantas de alho livres de vírus ao nitrogênio em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** 28: 97-101, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ed. rev. ampl. Viçosa: UFV, 2013. 421 p.

FOLEGATTI, M. V.; BLANCO, F. F.; BOARETTO, R. M. & BOARETTO, A.E. Calibration of Cardy®-ion meters to measure nutrient concentrations in soil solution and in plant sap. **Scientia Agrícola**, v.62, p.8-11, 2005.

FONTES, P. C. R. **Nutrição mineral de plantas: avaliação e diagnose**. Viçosa (MG), 2011. 296p.

GARCIA, D. C.; DETTMANN, L. A.; BARNI, V.; LOPES, S. J. **Efeito de níveis de nitrogênio no rendimento de alho**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 299-302, 1994.

GAVIOLA, S.; LIPINSKI, V. M. Diagnóstico rápido de nitrato en ajo cv. fuego inta com riego por goteo. **Ciencia del Suelo**, v. 20, n.1, p.43-49, 2002

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro: 2014. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=42&search=santa-catarina>. Acesso em 28/10/2016.

KUBOTA, A.; THMPSON, T. L.; DOERGE, T. A.; GODIN, R. E. A petiole sap nitrate test for broccoli. **Journal of Plant Nutrition**. v.20, p.669-682, 1997.

KURIHARA, C. H. **Demanda de nutrientes pela soja e diagnose de seu estado nutricional**. 114p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, (MG), 2004.

KURTZ, C. **Acúmulo de nutrientes e métodos de diagnose nutricional de nitrogênio para a cultura da cebola**. 107 P. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2015.

LIMA, C. P. **Medidor de clorofila na avaliação de nutrição nitrogenada na cultura do alho vernalizado**. (Tese mestrado). Botucatu: UNESP-FCA. 95p. 2005.

MAGALHÃES, J. R. Nutrição mineral do alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.142, p.20-30, 1986.

MONTESINOS, M. G.; CÁMARA, J. M. F.; TOMÉ, J. M.; CÁMARA, M. A. O.; GARCÍA, F. H.; VICENTE, R. M.; DÍEZ, M. B. Número de submuestras necesarias para la obtención de una muestra de suelo representativa. **Agrícola Vergel**, v.241, p.9-18, 2002.

MUELLER, S.; VIEIRA, R. L.; BIASI, J. **Efeito da limpeza de virus sobre a produtividade de alho em Caçador, SC**. Agropecuária Catarinense, v.18, p.50-52. 2005.

RESENDE, F. V; FAQUIN V; SOUZA R. J; SILVA V. S. Dry matter accumulation and nutritional requirements of garlic planted with cloves obtained by tissue culture or produced directly on the field. **Horticultura Brasileira**. 17:220 - 226. 1999.

RESENDE, F. V; OLIVEIRA, P. S. R; SOUZA, R. J. Crescimento, produção e absorção de nitrogênio do alho proveniente de cultura de tecidos cultivado com doses elevadas de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.8, n.1, p.31-36, 2000.

RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. Efeitos de tipos de bulbos e adubação nitrogenada sobre a produtividade e características comerciais do alho CV. “Quitéria”. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 188 - 191, novembro 2001.

**SIDRA-IBGE**. SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?t=2&z=t&o=11&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1>> Acesso em: 27/10/2016.

STOCKING, C. R.; ONGUN, A. The intracellular distribution of some metallic elements in leaves. **American Journal of Botany**, 49:284- 289, 1962.

STOKING, C. R. e ONGUN, A. The intracellular distribution of some metallic elements in leaves. **American Journal of Botany**, 49:284- 289, 1962.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre, Artmed, 2009. 848p.

VARGAS, L.K. & SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solo sob diferentes sistemas de manejo, estimado por métodos de fumigação. **Rev. Bras. Ciência do Solo**, 411-417, 1998.

VIEIRA, R. L. **Aspectos fisiológicos e fitossanitários na micropropagação para a obtenção de alho-semente livres de vírus**. Florianópolis: Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2012, 193 p. Tese de Doutorado.

VILLAS BÔAS, R. L.; GODOY, L. J. G.; VERZIGNASSI, J. R.; KUROSAWA, C. Teor de clorofila e de nitrogênio estimados pelo clorofilômetro nas folhas de plantas de alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p.354, 2003.

WADT, P. G. S.; ALVAREZ V., V. H. Monitoramento nutricional. In: WADT, P.G.S. (Org.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. p.283-304.

YOSHIDA, S.; KASUGA, S. ; HAYASHI, N.; USHIROGUCHI, T.; MATSUURA, H.; NAKAGAWA, S. **Antifungal activity of ajoene derived from garlic**. *Applied and Environmental Microbiology*, v.53, p. 615-617. 1987.